CBN 工具における工具摩耗についての考察

財 満 鎮 雄* 鈴 木 正 志**
南 立 作*** 山 田 茂***

J. Japan Inst. Metals, Vol. 47, No. 1 (1983), pp. 80-89

Some Considerations on the Wear of CBN Tool

Shigeo Zaima*, Masashi Suzuki**, Rissaku Minami***
and Shigeru Yamada***

CBN tool excellent wear resistance is known to be effective for difficult-to-cut materials, but its wear property is changed greatly with the material of binder which is selected differently in various manufactures. The wear properties of three kinds of commercial CBN tools binded with Co, Al_2O_3 and TiN in dry cutting of hypersilumin and heattreated SKD 61 were examined experimentally and discussed in relation to EPMA observations of wear surface. Results obtained are as follows:

In cutting hypersilumin, the wear of CBN tool binded with Co, which has smaller affinity with work materials than the CBN tool binded with Al_2O_3 or TiN, was the smallest in the three kinds of tools. In cutting SKD 61, the wear of CBN tool binded with Al_2O_3 , which has small affinity with iron, was the smallest in the three kinds of tools. Long life of CBN tool was caused by the small affinity between the materials of tool and work. CBN tool should be chosen by considering the affinity between the material of tool and work.

(Received August 26, 1982)

Keywords: cubic boron nitride tool, tool wear, binder, affinity, aluminum-silicon alloy, heattreated steel, alumina, cobalt, titanium-nitride, composition changes in tool

I. 緒 言

近年開発された CBN (Cubic Boron Nitride) 工具は従来の超硬合金工具に比べて極めて硬く (約 $H_v=4500$)、熱伝導率 (約 $13 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) が良いために切削温度の上昇も少なく、CBN 粒子が鉄と反応しにくいなどの利点を有している⁽¹⁾。反面、チッピングが生じやすく、再研摩が容易でない、高価であるなどの欠点もある。しかし、耐摩耗性が非常に優れているため、難削材といわれている鉄鋼系の高硬度焼入材⁽²⁾や耐熱超合金⁽¹⁾、非鉄系のハイパーシルミン⁽³⁾などの切削に有効であるとされ、最近その需要が増加してきている。この CBN 粒子は超高压高温において作られ、粗大結晶が得られにくい、通常、数 μm の粒子をコバルト、アルミナ、チタンナイトライドなどをバインダとして焼結し、工具として使用している。巷間伝えられるところによると、各種難削材の切削に対して CBN 工具の適用を大いに可とするもの、あるいは思ったほどの効果は挙げないとするものなど、CBN 工具の適用性に対する評価はまちまちである。これは焼結バインダの成分によって CBN

工具自体の特性も異なるはずであるが、どのバインダの工具がどの金属材料の切削に適当であるかについては、まだ十分明らかにされていないためである。本報では、国内に市販されている上記 3 種類の焼結バインダを使用した CBN 工具を用い、ハイパーシルミン (F 材および T6 材) と熱処理鋼材 SKD 61 の材質が大きく異なる難削材を対象として乾式切削を行ない、主として工具摩耗の見地から EPMA 観察による検討を実施し、それらの工具特性を明らかにすることを目的とした。

II. 実 験 要 項

切削試験に供した試料の化学成分は Table 1 に示し、それら試料の機械的性質を Table 2、顕微鏡組織を Fig. 1 に示す。このうち、ハイパーシルミン Al-17%Si 材は金型鑄造後 T6 処理を行ない (T6 材)、ハイパーシルミン Al-23%Si 材は金型鑄造のまま使用し (F 材)、耐摩不変形用工具鋼 SKD 61 材は 1373 K 空気焼入後 873 K 焼もどしを施した熱処理材である。ハイパーシルミンではいずれも伸びは小さいが、17%Si 材では T6 処理のため基地が強化

* 文化女子大学家政学部 (Department of Domestic Science, Bunka Women's University, Tokyo)

** 静岡大学工学部機械工学科 (Department of Mechanical Science, Faculty of Engineering, Shizuoka University, Hamamatsu)

*** 富山大学工学部生産機械工学科 (Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, Toyama University, Takaoka)

Table 1 Chemical compositions of specimens used.

Material	Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	Ti (%)	Mg (%)	Ni (%)	Al (%)
17%Si Alloy	17.0	0.13	1.01	0.01	1.04	—	bal
23%Si Alloy	23.0	0.38	1.96	0.17	1.28	1.43	bal

	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	V (%)	Fe (%)
SKD 61	0.35	0.99	0.30	0.02	0.01	4.94	1.04	0.81	bal

Table 2 Mechanical properties of specimens used.

Material	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Vickers hardness (98N)	Shearing strength (MPa)
17%Si alloy-T6	303.6	0.6	154	195
23%Si alloy-F	171.5	0.3	123	120
SKD 61	1744.6	11.0	470	

されて引張強さは大きい値をとっている。23%Si 材では角ばった大形の初晶珪素粒が多くみられ、17%Si 材では共晶珪素も粗大化し、初晶珪素と相俟って工具摩耗が大きくなることが予想される。また、SKD 61 材ではマルテンサイト組織がみられ、焼入効果は十分なようである。

切削試験は昌運カズノープ旋盤 HB-500 型(主軸回転数 40~3200 rpm ($0.67 \sim 53.3 \text{ s}^{-1}$), 9 kW) を使用し、刃先諸元 $0-\pi/36-\pi/36-\pi/30-\pi/22-0-0.2$ を有する市販の 3 種類の CBN 工具片刃バイトによる乾式切削を実施した。これらの工具は製造会社が異なっており、EPMA 分析の結果、A 工具は約 8.5 wt%Co, B 工具は約 4.5 wt% Al_2O_3 , C 工具は約 30 wt%TiN (ほかに Al_2O_3 も 4% 程度添加されていた) の各バインダによって CBN 粒子が焼結されているとみられる。切削条件はハイパーシルミンでは削り速度 $v=2 \text{ m/s}$, 送り $f=0.1 \text{ mm/rev}$, 切込み $t_1=1.0 \text{ mm}$ 一定

とし、SKD 61 材では $v=1.6 \text{ m/s}$, $f=0.075 \text{ mm/rev}$, $t_1=0.5 \text{ mm}$ 一定とし、工具摩耗量としてはそれぞれ一定時間毎に工具逃げ面平均摩耗幅 b を測定した。一方、工具摩耗の特色は切削が擦過するすくい面側によく現われるので、EPMA 観察は主としてすくい面摩耗を中心に行なった。なお、EPMA 観察の前にハイパーシルミン切削時の工具付着物は NaOH 液で除去したが、SKD 61 材では付着物はそのままにして観察した。

III. Al-17%Si T6 材の切削

Fig. 2 は 3 種類の CBN 工具を用いて Al-17%Si T6 材を切削した場合の工具逃げ面摩耗幅 b と切削時間 t_c の関係を示したものである(図には後述の Al-23%Si F 材の場合も併記してある)。Co をバインダとする A 工具の摩耗量が少なく、次いで TiN を用いた C 工具で、 Al_2O_3 を用いた B 工具で摩耗量は最も多い。

Fig. 3 上段は A 工具を用いて本試料を切削時間 $t_c=10800 \text{ s}$ ($=180 \text{ min}$) 切削した場合のすくい面摩耗の全体像、その拡大像、図中⑧方向の工具表面形状および元素面分析箇所

Fig.2 Relations between mean width of flank wear and cutting time in hypersilumin cutting.

Al-17%Si Alloy T6

Al-23%Si Alloy F

SKD 61

Fig.1 Microscopic structures of specimens used.

17% Si-T6, $v = 2$ m/s.

Fig.3 Views of tool wear in Al-17%Si-T6 alloy cutting.

と線分析方向とを示す。すくい面摩耗は切込み1.0mmまではほぼ一様に約0.6mm幅で摩耗し、その表面に黒くみられる粒は炭素が主成分で、A工具自体に含まれている炭素が工具摩耗に伴って工具表面に付着したものと思われる。なお、この種の付着物は後述のB, C工具では観察されなかった。A工具では長時間の切削にも拘わらずFig.2にもみえるように逃げ面摩耗幅は比較的小さく、切刃の後退量も僅かであるが、すくい面摩耗は比較的大きかった。写真下方には切刃に平行に長さ約0.4mmのき裂(写真中では白い線に見える)が生じ、切刃からこの部分まで切屑の擦過痕が明瞭に認められ、Siの付着が多いようである。付図の⑧方向の工具表面形状にみるように、切刃に近い程摩耗が激しく、その摩耗量は最大15 μ m程度であり、また切刃

CBN(A)-Tool, 17% Si-T6

Fig.4 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of middle part on edge side in worn CBN(A) tool after Al-17%Si-T6 alloy cutting.

から約0.2mm離れた部分で小さく凹んでいるのはき裂が入っている部分である。このき裂に沿って摩耗の進行がみられるが、B, C工具ではこのようなき裂の発生はみられなかった。

Fig.4はFig.3中の①部分の拡大写真と元素面分析結果である。写真上方の白い部分は逃げ面の急傾斜部分であり、CとCuが多く付着している。切刃から約20 μ mの幅部分で切屑の擦過痕はほとんどなく、この下方からき裂が生じている部分まで切屑流れに沿って溝状にCBN粒子の脱落が認められ、Siが多く付着している。AlもほぼSiと同じ分布状態を示しているが、Fe, Mgなどは全面に分布している。この部分ではSi濃度の高いところでCo濃度も高くなっている部分もあり、CoとSiの結合が生じていると考えられ⁽⁴⁾、この傾向は下方へ行くほど激しくなっている。

CBN(A)-Tool, 17% Si-T6

Fig.5 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of terminal wear part in worn CBN (A) tool after Al-17%Si-T6 alloy cutting.

き裂のある③部分の拡大写真を Fig.5 に示す。き裂は Si の付着がなくなりかけた部分で、かつ刃先前方から切込み中央部にかけて発生しているが、観察部分では左上方から右下方にかけてき裂がはいり、き裂に沿って C 濃度が高くなり、中央部のき裂が合流している部分ではとくに高くなっている。この部分から Si の付着が少なくなることから切屑の擦過圧が変化していると考えられる。17%SiT6 材は硬いため切削熱の発生が大きく、この部分で熱的なアンバランスが生じることによる熱的なき裂⁽⁵⁾と考えられるが、C との関係は不明である。

切刃中央部③方向の線分析結果を Fig.6 上段に示す。このときの X 線ビーム径は約 1 μm であり、ビームは分析方向に対して直角に 120 μm の幅で走査している。Si はき裂が生じている 200 μm 程度まで粒状に付着し、き裂部分では少ないものの、その部分を過ぎるとやや付着しやがて

Fig.6 Characteristic X-ray intensity in depth direction ③ of tool face in worn CBN tools after Al-17%Si-T6 alloy cutting.

少なくなる。工具成分の Co は Si 付着域でやや減少しているが、その後は一定の値を示し、B も Co と似た傾向を示している。このように、A 工具では摩耗の最も激しい部分で Si の付着がみられ、Si と Co との結合が生じ、固溶体を形成しているようであり⁽⁶⁾、この固溶体形成による結合力の低下と Si 粒子の引掻き作用によって摩耗が進行すると考えられる。

Fig.3 中段はアルミナをバインダとする B 工具を用いて 17%Si T6 材を同じ条件で切削した場合の同様なすくい面写真である。切削時間は $t_c=1450$ s (=24.2 min) と A 工具の場合に比べてかなり短いためすくい面摩耗量は少ないが、摩耗域は切刃から約 250 μm の幅で認められる。切込みより外側の未摩耗部分に比べて切刃は約 50 μm 後退しているため、実質的には 300 μm の範囲ですくい面摩耗が生じていることになる。また、切削温度が高いと思われる刃先部分の摩耗は A 工具の場合よりかなり大きくなっている。写真中白く見える部分は摩耗してしまった前逃げ面お

CBN(B)-Tool, 17% Si-T6

Fig.7 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of middle part on edge side in worn CBN(B) tool after Al-17%Si-T6 alloy cutting.

よび横逃げ面の急傾斜部分である。すくい面摩耗部分では切屑の擦過痕が明瞭に認められ、その摩耗終端部に付着物の堆積がみられる。Fig.7はすくい面摩耗の激しい①部分の拡大写真と元素面分析結果である。切屑流れに沿って溝状にCBN粒が削り取られている様相がよくわかる。この工具はアルミナがバインダであるためAl濃度が高くなっているが、この部分にはA工具でみられたSiの付着はなく、ほかの元素もほとんど付着していないようである。これは被削材中のアルミニウムと工具中のアルミナとは金属間化合物をつくりやすいため、切屑擦過部分での高い切削熱と高い圧力のため切屑と工具中のアルミナの結合による薄層が形成されて、Si粒子が直接工具面を擦過するのを阻止することや、アルミナやCBN粒とSiが結合しにくいことなどが原因と考えられる。Fig.8は摩耗終端部の付着物のある④部分の拡大写真と元素面分析結果である。付着

CBN(B)-Tool, 17% Si-T6

Fig.8 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of terminal wear part in worn CBN(B) tool after Al-17%Si-T6 alloy cutting.

物は約40 μmの幅で横に連なり、Mgが多くCu, Siも付着している。しかし、Feの付着はA工具よりも少ない。被削材中のアルミニウムも付着していると思われるが、工具材中にアルミナが多いため区別がつかない。

Fig.6中段はB工具の⑧方向の線分析結果を示すが、すくい面摩耗が生じている部分にはAl以外の元素の付着は認められず、摩耗終端部においてMg, Cu, Siなどの付着がみられる。しかし、Feの付着は全体的に少なく、この工具が鉄鋼系の被削材種に優れていることが予想される。

Fig.3下段はチタンナイトライドがバインダのC工具を用いて同様の条件で切削した場合のすくい面の写真である。切削時間は $t_c=4500$ s (=75 min) とほぼA工具の場合の1/2程度の時間であるが、すくい面摩耗の形はB工具とよく似ている。すくい面は一樣に摩耗し、その摩耗域は切刃から約300 μmの幅であるが、B工具と同様に切刃が約30

CBN(C)-Tool, 17% Si-T6

Fig.9 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of middle part on edge side in worn CBN(C) tool after Al-17%Si-T6 alloy cutting.

μm 後退しているため、実質的には 330 μm 程度となる。刃先部分の摩耗はB工具ほど激しくはないが、A工具よりいくぶん摩耗している。摩耗の激しい切刃中央部①の拡大写真と元素面分析結果を Fig.9 に示す。白く写っている逃げ面部分には Si が多く付着し、逃げ面摩耗が現在この部分で進行し、この摩耗が Si 粒子によることを示している⁽⁷⁾。すくい面での Si の付着はA工具ほど多くはないが、多少付着し、ほかの元素の付着は少ないようである。C工具ではバインダに TiN が使用されているが、 Al_2O_3 も使用されているため Al 濃度もかなり高くなっている。

Fig.6 下段はC工具のB方向の線分析結果である。すくい面摩耗が生じている 300 μm 付近まで Si が付着し、Cu、Mg も少し付着しているようで、付着物の様相はA工具とB工具の中間の様相を呈している。

IV. Al-23%Si F 材の切削

A工具とB工具を用いて 23%Si F 材を切削した場合、切削時間 t_c の経過に伴う逃げ面摩耗幅 b の変化は Fig.2 のようにやはり Co がバインダのA工具に比べて Al_2O_3 を用いたB工具の摩耗量が極めて大きい。いま、A工具を用いて切削時間 $t_c=12600$ s (=210 min) 切削した場合のすくい面摩耗状況を Fig.10 上段に示す。17%Si T6 材の場合と異なり、材料が軟かいため長い流れ形切屑が生成されて、すくい面に大きなクレータが形成されている(このクレータはA工具、B工具いずれにも観察され、これは工具と切屑の接触範囲が大きくなるためと思われる)。A工具のクレータ形状は写真付図中の表面形状に示すように、切刃から約 200 μm 幅でプラトー部が形成され、その後方約 600 μm の幅で切刃から切込み端部まで工具の剥離によると思われるクレータが生じている。このクレータの最大深さは 50 μm とかなり大きく、工具の再研磨は容易でないと思われる。④部分には小さなき裂が多く認められ、次にこの部分に剥離が生ずることが予想される。プラトー部の摩耗は 17%Si T6 材の場合に比べて切削時間が長いにも拘わらず僅かであり、刃先先端から 0.6 mm 程度までは Si が多く付着し、この部分より切込み終端にかけては切屑流れによる擦過痕は少なく、Si の付着も極く僅かである。こ

23% Si-F, $v=2$ m/s

Fig.10 View of tool wear in Al-23%Si-F alloy cutting.

れは刃先から中央部にかけては切削熱によって Co と Si の結合が促進されるものの、切込み後半域では材料が軟かなため切削熱による温度上昇が少なく、Co と Si の結合が生じにくかったものと思われ、全体的な切削温度の低下が初晶珪素粒子が 17%Si T6 材よりも多に拘わらずくい面摩耗を少なくしたものと考えられる。①部分の切刃部分では約 20 μm の幅で Si はあまり付着していないが、Co 濃度の低下がみられ、前報⁽⁸⁾と同様に切屑によって持ち去られたものと思われる。この部分の下方から Si の付着が多くなり、その様相を Fig.11 に示す。これは②部分の拡大写真と元素面分析結果を示しているが、切屑流れに沿って Si の付着が多く、Co 濃度の高い部分で Si 濃度の高い部分もみられ、17%Si T6 材の場合と同様 Co と Si が結合している部分のあることがわかる。この状態はプラトー部が終るまで続いている。このように多くの Si がすくい面上

に付着する現象は超合金工具では観察されなかった⁽⁷⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。これは超合金工具では切屑の擦過によって摩耗はメカノケミカル的に進行するが、CBN 粒は窒化粒子であるためアルミニウムと金属間化合物をほとんどつくらないためこの種の摩耗の進行速度は非常に遅く、また珪素粒子よりも CBN 粒が硬く引掻きによる摩耗も少ないためと考えられる。すなわち、この部分での摩耗は Co と Si の結合による焼結粒子の結合力低下による脱落とみられ、切削温度が大きく影響すると思われる、このため 17%Si T6 材に比べ 23%Si F 材の場合の工具摩耗量が小さいとみられる。Fig.12 は剥離部に小さなき裂の集中がみられる④部分のすくい面摩耗状況を示す。この部分はこれから剥離が生ずると予想される部分であるが、多くの Fe の付着が認められ、Fe の付着の少ない部分で Co 濃度の減少している部分もあるため全体的に Co 量が多いもののむらがある。超

CBN (A)-Tool, 23% Si-F

Fig.11 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of middle part of tool face in worn CBN(A) tool after Al-23%Si-F alloy cutting.

CBN (A)-Tool, 23% Si-F

Fig.12 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of terminal wear part in worn CBN(A) tool after Al-23%Si-F alloy cutting.

タジュラルミンの乾式切削の際⁽¹⁰⁾にも Fe 付着物にき裂がみられ、このことも関係があると思われるが原因は不明である。この剥離現象は Al-16%Si-4%Cu-0.5%Mg 合金 F 材の切削において⁽¹¹⁾も生じており、ハイパーシルミン F 材の切削では共通して生じる現象と思われる。

Fig.13 上段は⑧方向の線分析結果を示す。切刃から 200 μm 程度までのプラトー部には Si の付着が多く、Co, Ni の強度は弱くなっている。Fe は剥離が生じているクレータ部分に多くみられ、とくにクレータ部分に多量付着し、この部分の B の強度は強弱がみられて特徴的で、Cu, Mg は摩耗域全体に微量付着している。

Fig.13 Characteristic X-ray intensity in depth direction ⑧ of tool face in worn CBN tools after Al-23%Si-F alloy cutting.

B 工具を用いて切削した場合のすくい面摩耗状況は Fig.10 下段に示す。 $t_c=2500\text{ s}$ ($=41.7\text{ min}$) と切削時間は短かいが A 工具と同様、大きなクレータが形成され、最大深さは約 50 μm であり、幅は約 0.4 mm と小さくなっている。切刃からクレータにかけて約 0.1 mm 幅のプラトー部が形成されており、摩耗量は少ない。工具刃先部分では切削温度が高くなるため⑦にみるように部分的にえぐり取られるように摩耗が進行しているところもある。また、⑧部分にき裂がみられ、さらにクレータ摩耗が大きくなると思われ、この種のき裂がクレータ摩耗に重要な役割を果たすものとみられる。

Fig.13 下段は B 工具における線分析結果で、Cu, Fe が全体的に少量付着し、Mg はクレータ部分に多くみられる。このように B 工具ではいずれのハイパーシルミンにおいても Si の付着量は極めて少なかったが、バインダのア

ルミナが被削材成分と結合するため摩耗が進行するものようである。

V. SKD 61 材の切削

SKD 61 熱処理材を A, B, C 工具で切削したときの逃げ面摩耗幅と切削時間 t_c の関係を Fig.14 に示す。この場合、ハイパーシルミンの切削とは反対に A 工具の摩耗が最も激しく、次いで C 工具であり、B 工具の摩耗量が最も少なくなっている。

Fig.14 Relations between mean width of flank wear and cutting time in SKD 61 cutting.

これら工具のすくい面摩耗状況および切込み中央部における表面形状を Fig.15 に示す。A 工具では B, C 工具にみられるクレータは形成されず、逃げ面摩耗と同様に切刃部から急激に摩耗が進行し、切刃から 0.8 mm の範囲まで摩耗している。表面形状をみると、切刃部で約 25 μm 摩耗し、切屑流れの方向に摩耗量は徐々に減少し、切刃から 0.25 mm 離れた点で表面形状曲線の傾きが変わっている。この点は写真中で白い Fe 付着物がみられる部分であり、現在摩耗が進行している部分と思われる。Fig.16 は A 工具の切刃中央部の拡大写真であるが、CBN 粒子が脱落した部分に浅い凹みが生じ、写真下方に Fe の付着が少しみられる。Fe の付着は切削熱のため軟らかくなった Co が切屑流れによって CBN 粒の上へ押し流され、この広がった部分に Fe の付着が生じ、これが起点となって大きくなるようであるが、切屑流れが激しく、摩耗が速いと付着しにくいようである。工具摩耗は Cr や C を固溶して非常に硬くなっているマルテンサイト組織による引掻きと、Co の拡散によって結合力が低下した CBN 粒の脱落によって生ずると考えられるが、この合金の切削温度はハイパーシルミンの場合よりもかなり高く、Fe と Co は同族元素であるため Co の拡散量が非常に大きくなり⁽¹²⁾、工具摩耗がほかの工具よりも急激に進行したと考えられる。

Fig.15 に示されるように B, C 両工具とも切刃部に 50 μm 程度のプラトー部があり、その後方にクレータが生ずる摩耗形態を示し、クレータ部に Fe 付着物が切屑流れに沿って細く付着し、C 工具ではところどころに大きな塊となった付着物がみられる。このように付着物は B 工具より

Fig.15 Views of tool wear in SKD 61 cutting.

もC工具に多く、バインダとしては Al_2O_3 よりもTiNの方がFeが付着しやすい傾向を示している。A工具の付着物が少ないのは摩耗が極めて速いためである。表面形状曲線に示されるクレータの形はB工具の方がC工具よりも大きい、これは切削時間が長いと思われる。また、線分析の結果はいずれの工具の付着物成分も被削材成分とほぼ同じで、特定元素の選択的な付着は認められなかった。

VI. 検 討

CBN 工具は CBN 粒とそのバインダによって構成されているが、CBN 粒は非鉄系および鉄系のいずれの合金に対しても極めて安定であり、本報においていずれの被削材とも金属間化合物をほとんどつくり出さないうであった。しかし、いずれのバインダにおいても程度の差はあるものの、被削材成分と金属間化合物を形成し、その形成程度が激し

CBN(A)-Tool, SKD 61

Fig.16 Secondary electron and characteristic X-ray micrographs of middle part on edge side in worn CBN (A) tool after SKD 61 cutting.

いほど工具摩耗の進行も早くなる傾向が認められた。従って、被削材によって適性のバインダが存在するようで、本報では Table 3 のようにまとめられた。すなわち、ハイパーシルミンに対して Co のバインダは Si とは金属間化合物をつくりやすいものの、Al とは作用しにくいために比較的良好のようで、 Al_2O_3 のバインダは Si とは金属間化合物をつくりにくい、Al とは結合しやすいため工具摩耗も著しく、TiN はその中間的な様相を呈している。また、この場合 T6 処理を行なって地質を強化した合金では切削による生成熱が F 材の場合より高いため、初晶けい素粒が F 材よりも少ないにも拘わらず工具摩耗が激しく、切削熱による影響を強くうけている。このためハイパーシルミンよりも硬い SKD 61 熱処理鋼材ではさらに切削熱が高くなるため、工具寿命は一層短くなっている。そしてこの場合、ハイパーシルミンとは逆に Co のバインダ

Table 3 Suitability of tool binder for work material.

Binder	Cobalt (Co)	Alumina (Al_2O_3)	Titanium-Nitride (TiN)
Hypersilumin SKD 61	Suitable Unsuitable	Unsuitable Suitable	Mediam Mediam

と Fe とが容易に結合するため, Co を使用した工具の摩耗が著しく, Co ほど Fe と反応しない Al_2O_3 のバインダを使用した工具の摩耗は少なかった. この場合も TiN を使用した工具は両者の中間的な様相を呈した(前述のように, TiN をバインダとして使用したものには僅かながら Al_2O_3 も含まれていた). このように被削材成分と比較的金属間化合物をつくりにくいバインダを使用した工具の寿命が長いと認めることができる.

VII. 結 言

以上, 焼結バインダの異なる市販の 3 種類の CBN 工具を用いてハイパーシルミンと SKD 61 を乾式切削し, 主として工具摩耗の見地から EPMA による検討を行なった. 結果をまとめれば,

(1) ハイパーシルミン F 材および T 6 材の切削では被削材成分と金属間化合物をつくりやすいアルミナやチタンナイトライドをバインダに使用した CBN 工具よりも, 金属間化合物をつくりにくいコバルトをバインダにした CBN 工具の寿命が長い. しかし, 長時間切削すればすくい面に熱的き裂や剥離現象が現われた.

(2) SKD 61 熱処理材の切削には鉄と金属間化合物をつ

くりにくいアルミナをバインダにした CBN 工具では, すくい面に付着物が少なく, 工具寿命が長かった.

(3) 切削熱による拡散摩耗を伴う切削では被削材と工具との間に金属間化合物をつくりにくい工具で工具寿命が長く, 被削材成分と工具材成分とをよく吟味して使用する必要がある.

本報の実施に当たり, その費用の一部は(財)軽金属奨学会の研究資金により, 試料入手には(株)日本軽金属総合研究所 磯部俊夫氏外各位のご好意に負うところが大きかった. 付記して深甚なる謝意を表する.

文 献

- (1) 例えば, 機械技術, **29**, 5(1981), 33.
- (2) 鳴滝則彦, 山根八州男, 武内陸郎: 精密機械, **45**, 2(1979), 81.
- (3) 財満鎮雄, 鈴木正志, 山田 茂: 軽金属, **31**, 12(1981), 780.
- (4) 大庫和孝, 中島耕一, 栗野泰吉: 精密機械, **41**, 4(1975), 69.
- (5) 星 光一, 星 鉄太郎: 金属切削技術, 工業調査会, (1969), 122.
- (6) C. Hauser: Wear, **62**, 1(1980), 59.
- (7) 財満鎮雄, 高辻雄三, 山田 茂: 日本金属学会誌, **46**(1982), 452.
- (8) 財満鎮雄, 高辻雄三, 山田 茂: 日本金属学会誌, **46**(1982), 657.
- (9) 財満鎮雄, 高辻雄三, 奥島裕樹, 山田 茂: 軽金属, **31**, 10(1981), 660.
- (10) 財満鎮雄, 高辻雄三, 山田 茂, 奥島裕樹: 日本金属学会誌, **46**(1982), 108.
- (11) 未発表.
- (12) 奥島啓式, 鳴滝則彦: 精密機械, **35**, 2(1969), 29.